

Hubungan Total Fenol Akar dan Daun Mangrove Api-Api [*Avicennia marina* (Forsk.) Vierh] dengan N, P, dan C Organik Sedimen

Relationship of Total Phenol of Roots and [*Avicennia marina* (Forsk) Vierh] Mangrove Leave with N, P, and C Organic Sediment

Iis Su'aidah, Endah Dwi Hastuti*, Munifatul Izzati, Sri Darmanti

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro Semarang

*Email : endah_pdil@yahoo.co.id

Diterima 24 Januari 2021 / Disetujui 3 Maret 2021

ABSTRAK

Fenol adalah kelompok metabolit sekunder yang dihasilkan tumbuhan. Variasi kandungan fenol dipengaruhi oleh faktor internal seperti organ tumbuhan dan faktor eksternal seperti unsur hara sedimen. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari hubungan kandungan total fenol akar dan daun *A. marina* dengan N, P, dan C organik sedimen. Jenis penelitian ini adalah eksperimental dengan 3 stasiun di lokasi penelitian dan setiap stasiun memiliki 1 titik pengambilan sampel. Variabel yang diamati meliputi kandungan total fenol akar dan daun *A. marina* serta N, P, dan C organik sedimen. Data kuantitatif total fenol dan unsur hara dianalisis secara deskriptif sedangkan hubungan total fenol dan unsur hara dianalisis dengan korelasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan total fenol akar dan daun masing-masing (19,5 mg GAE /g) dan (14,9 mg GAE /g). Kandungan unsur N, P, dan C organik sedimen pada ekosistem mangrove masing-masing 0,24%, 106,25 ppm, dan 2,03%. Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa terdapat korelasi antara fenol akar dengan P dan fenol daun dengan P. Namun, tidak terdapat korelasi antara fenol daun dengan N, fenol akar dengan N, fenol daun dengan C organik, dan fenol akar dengan C organik.

Kata kunci : Avicennia marina, fenol, nitrogen, fosfor, c organik

ABSTRACT

Phenol is a group of secondary metabolites produced by plants. Variations in phenol content are influenced by internal factors such as plant organs and external factors such as sediment nutrients. This study aims to study the relationship the total phenol content of the roots and leaves of *A. marina* and the N, P, and C organic of sediment. This type of research is experimental with 3 stations at the research location and each station has 1 sampling point. The variables observed included the total phenol content of the roots and leaves of *A. marina* and the levels of N, P, and C organic sediments. Quantitative data on total phenol and nutrients were analyzed descriptively while the relationship between total phenol and nutrients was analyzed by correlation. The results showed that the total phenol content of roots and leaves were (19,5 mg GAE / g) and (14,9 mg GAE / g), respectively. The nutrient content of N, P, and C organic sediments in the mangrove ecosystem was 0.24%, 106.25 ppm, and 2.03%, respectively. The results of correlation analysis showed that there was a correlation between root phenol with P and leave phenol with P. But, there were no correlation between root phenol with N, leave phenol with N, root phenol with C organic, and leave phenol with C organic.

Keywords : Avicennia marina, phenol, nitrogen, phosphor, c organic

PENDAHULUAN

Tekanan dari berbagai faktor lingkungan mengakibatkan stress pada tumbuhan yang memicu sintesis *Reactive Oxygen Species* (ROS) (Darmanti et al., 2018). *Reactive Oxygen Species* adalah molekul turunan O₂ yang bersifat tidak stabil dan sangat reaktif. Molekul ini berpotensi menyebabkan kerusakan oksidatif pada DNA, lipid, membran sel, dan organel sel (Krishnamoorthy et al., 2011). Reaksi ROS dapat dihambat melalui pengaktifan sistem pertahanan oksidatif tumbuhan. Pengaktifan sistem oksidatif tumbuhan diawali dengan sintesis enzim *Phenlalanin Amonia Liase* (PAL). Enzim PAL berperan mengkatalisis pembentukan sebagian besar senyawa fenolik seperti fenol yang mampu mencegah reaksi radikal bebas (Mastuti, 2016).

Fenol merupakan kelompok metabolit sekunder yang dihasilkan oleh tumbuhan termasuk *Avicennia marina*. Fenol dihasilkan sebagai respon tumbuhan terhadap stress biotik dan abiotik (Lai & Lim, 2011). Senyawa ini berfungsi sebagai pertahanan terhadap kondisi lingkungan kurang menguntungkan seperti di ekosistem mangrove (Rasyid, 2012). Tumbuhan di ekosistem mangrove mendiami lingkungan yang sangat tidak bersahabat yang ditandai dengan intensitas sinar matahari dan salinitas yang tinggi, sedimen yang sedikit oksigen (Lai & Lim, 2011), serta unsur hara yang rendah (Asha dkk, 2011).

Penelitian sebelumnya tentang kandungan senyawa fenol telah dilakukan pada *A. marina*. Menurut Febriani et al. (2020) senyawa fenol pada *A. marina* dapat ditemukan pada semua bagian seperti buah, kulit batang, daun, dan akar. Sharma et al. (2019) menyatakan bahwa kandungan fenol dalam jaringan tumbuhan merupakan indikator yang baik untuk memprediksi tingkat toleransi tumbuhan terhadap cekaman abiotik yang bervariasi di bawah tekanan faktor eksternal.

Variasi kandungan senyawa fenol antar organ tumbuhan dapat dipengaruhi oleh bagian tumbuhan yang digunakan (Yuliani et al., 2019). Berdasarkan teori yang ada, fenol disintesis melalui jalur asam shikimat yang berlokasi di

kloroplas daun (Sanchez et al., 2019). Disisi lain akumulasi fenol dapat terjadi baik di daun seperti pada *Sonneratia caseolaris* (Ilmiah et al., 2018) maupun di akar seperti pada white weed (*Ageratum conyzoides*) (Dores et al., 2014).

Ekspresi senyawa fenol dipicu oleh cekaman biotik misalnya herbivora dan pathogen maupun cekaman abiotik seperti suhu, pH yang ekstrem, salinitas, logam berat, dan radiasi (Sánchez et al., 2019). Ekspresi senyawa fenol juga dapat ditentukan oleh interaksi antara faktor genetik dengan faktor lingkungan (Yuliani et al., 2019). Faktor lingkungan misalnya unsur hara sedimen yang rendah dilaporkan mampu meningkatkan produksi senyawa fenol (Olofsdotter, 2001).

Menurut penelitian sebelumnya bahwa di ekosistem mangrove terkandung unsur hara Fe, Mg, K, dan bahan organik (Nugroho dkk, 2013). Unsur hara lain yang dapat ditemukan yaitu N dan P (Budiasih dkk, 2015). Unsur hara makro seperti N dan P yang rendah pada sedimen dilaporkan dapat memicu peningkatan kandungan total fenol. Begitu pula keberadaan bahan organik dalam sedimen juga mendukung senyawa fenol dalam tumbuhan. Ekspresi senyawa fenol di alam dipengaruhi oleh tekstur tanah, pH, teknik budidaya, sistem tanam, dan C organik sedimen (Junaedi et al., 2006).

Informasi mengenai hubungan kandungan senyawa fenol pada *A. marina* dengan status unsur hara sedimen di lingkungan tumbuhnya perlu dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari hubungan kandungan total fenol akar dan daun Mangrove Api-api [*Avicennia marina* (Forsk.) Vierh] dengan unsur hara N, P, dan C organik sedimen. Berdasarkan tujuan tersebut dapat digunakan sebagai manajemen pertumbuhan dan manipulasi, sehingga untuk melihat ekspresi fenol yang optimal pada *A. marina* sebaiknya disesuaikan dengan status hara N, P, dan C organik di ekosistemnya.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dalam dua tahap, pertama yaitu penelitian lapangan yang meliputi pengambilan sampel akar dan daun *A. marina*

serta sampel sedimen di Kawasan Lahan Tambak Mangunharjo, Semarang. Tahap kedua yaitu pengujian dan analisis sampel yang dilakukan di Laboratorium Pangujian dan Penelitian Terpadu (LPPT) UGM dan Laboratorium Wahana Semarang. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2019.

Bahan dan Alat

Bahan- bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel akar dan daun *A. marina*, baku standard asam gallat, pereaksi Folin- Ciocalteu, aquabides, sodium karbonat (Na_2CO_3) 20%. Alat-alat yang digunakan adalah kuvet, spektrofotometer UV-Vis, mikro pipet, neraca analitik, water bath, kuvet, termometer, dan HORIBA U52G.

Penentuan Sampel

Sampel yang digunakan adalah akar dan daun *A. marina* serta sedimen di ekosistem mangrove. Sampel akar dan daun diseleksi dari tumbuhan yang memiliki diameter batang 10 cm yang diukur setinggi dada orang dewasa ($\pm 1,3$ m). Akar yang ditetapkan sebagai sampel adalah akar pensil yang tumbuh dibawah tegakan *A. marina*. Daun yang ditetapkan sebagai sampel adalah daun

yang berada pada segmen 1-3 dari tangkai daun atas. Sampel akar dan daun masing-masing dikumpulkan dari 5 pohon. Sedimen yang ditetapkan sebagai sampel yaitu sedimen lumpur yang berada dibawah tegakan *A. marina*.

Penentuan Lokasi Sampling

Lokasi sampling dipilih secara purposive sampling berdasarkan lokasi tambak yang ada tegakan *A. marina*. Selanjutnya ditentukan 3 lokasi dan titik pengambilan sampel seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Lokasi penelitian ditentukan sebagai berikut stasiun 1 ($6^{\circ}57'0.40.72''\text{LS}$ - $110^{\circ} 018'52.54.64''\text{BT}$) berada di lahan tambak paling kanan, stasiun 2 ($6^{\circ}56'49.53''\text{LS}$ - $110^{\circ} 18'37.96''\text{BT}$) berada di lahan tambak bagian tengah, dan stasiun 3 ($6^{\circ}57'15.40''\text{LS}$ - $110^{\circ} 18'32.07''\text{BT}$) berada lahan tambak paling kiri. Jarak setiap stasiun diukur sepanjang 50m menggunakan roll meter. Masing-masing stasiun terdapat satu titik pengambilan sampel. Titik pada setiap stasiun dilakukan pengambilan secara berurutan meliputi akar, daun, dan sedimen sebagai parameter utama serta pengukuran pH dan salinitas sebagai parameter pendukung.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel

Teknik Pengambilan Sampel dan Pengukuran Kualitas Lingkungan

Sampel akar diambil dengan cara dipotong sepanjang 10cm dari ujung akar menggunakan cutter. Sampel daun diambil dengan cara dipetik secara langsung. Sampel sedimen diambil dengan cara digali hingga kedalaman ± 30 cm menggunakan sekop. Sampel akar dan daun diambil sebanyak 300g sementara sampel sedimen diambil sebanyak 1 kg. Semua sampel yang telah diperoleh masing-masing dimasukkan ke dalam plastik kedap air. Pengukuran kualitas lingkungan pH dan salinitas menggunakan HORIBA U52G dengan mencelupkan alat tersebut sekitar 1 meter dari permukaan air tambak dan pantai selama ± 2 menit.

Uji Total Fenol

Analisis total fenol menggunakan metode Folin-Ciocalteu. Sampel segar ditimbang lalu dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50°C hingga kering. Bobot sampel kering ditimbang dan diambil sampel uji 50 mg kemudian ditambahkan 0,5 ml pereaksi folin-ciocalteu dan 7,5 ml aquabides. Campuran dibiarkan selama 10 menit pada suhu kamar dan ditambahkan 1,5 ml sodium karbonat 20%. Campuran ditambahkan aquabidest hingga volume 10 ml. Campuran diencerkan sebanyak 25x selanjutnya dipindahkan ke dalam kuvet. Absorbansi diukur pada $\lambda = 760$ nm. Total fenol dihitung dengan standar equivalen asam gallat (GAE).

Uji N, P, dan C organik

Analisis N menggunakan metode kjeldahl, sampel ditimbang $\pm 0,500$ g ditambahkan 1 g campuran selen dan 3 ml H_2SO_4 pekat. Campuran didestruksi hingga suhu 350°C (3-4 jam). Setelah dingin, diencerkan dengan air bebas ion hingga volume 50 mL. Campuran didestilasi dengan sedikit serbuk batu didih dan aquades sambil disiapkan penampung NH_3 berupa erlenmeyer berisi 10 mL asam borat 1% yang ditambah 3 tetes indikator Conway dan dihubungkan dengan alat destilasi. NaOH 40% 10 mL ditambahkan ke dalam labu didih yang berisi campuran dan

secepatnya ditutup. Destilasi dilakukan hingga volume 50–75 mL (berwarna hijau). Terakhir dititrasi dengan H_2SO_4 0,050 N hingga berwarna merah muda.

Analisis P menggunakan metode Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS), sampel ditimbang 2,5 g ditambahkan 10 ml HNO_3 dan HClO_4 dengan perbandingan 1:1. Campuran disaring selama 5 menit kemudian ekstrak jernih dipipet 2 mL ke tabung reaksi. Contoh dan deret standar masing-masing ditambah pereaksi pewarna fosfat sebanyak 10 mL, dikocok dan dibiarkan 30 menit. Absorbansi nilai diukur pada $\lambda = 693$ nm.

Analisis C organik menggunakan metode titimetri, sampel ditimbang 0,500 g dan dimasukkan ke dalam labu ukur. Sampel ditambahkan 5 ml $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 1 N dan 7,5 mL H_2SO_4 pekat 0,75 mL. Campuran didiamkan selama 30 menit kemudian diencerkan dengan air bebas ion hingga volume 30 mL. Absorbansi nilai diukur pada $\lambda = 561$ nm.

Analisis Data

Penelitian ini menggunakan *Completely Randomized Design* (CRD) satu faktor yaitu organ *A. marina* berupa akar dan daun. Data kuantitatif total fenol akar dan daun *A. marina* serta total unsur N, P, C organik, pH dan salinitas sedimen tambak di ekosistem mangrove dianalisis secara deskriptif. Analisis hubungan kandungan total fenol akar dan daun dengan unsur N, P, dan C organik sedimen dilakukan uji korelasi. Analisis dengan korelasi ini menggunakan program SPSS versi 16.0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Fenol Total

Hasil penelitian menunjukkan adanya kandungan total fenol pada akar dan daun *A. marina*. Kandungan total fenol pada sampel akar dan daun *A. marina* disajikan pada Gambar 2. Hasil pengamatan sebagaimana yang disajikan pada Gambar 2. menunjukkan bahwa kandungan total fenol akar pada stasiun 1, 2, dan 3 berturut-turut 16,5 mg GAE/g, 18,1 mg GAE/g, dan 24

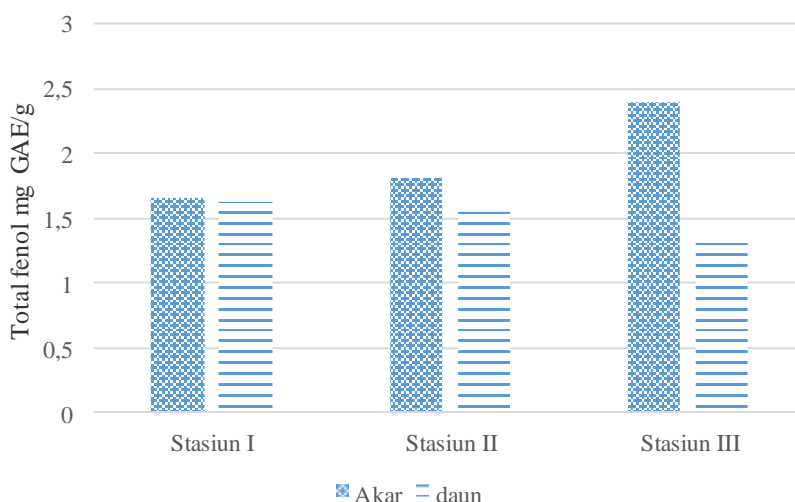
mg GAE/g dengan rata-rata sebesar 19,5 mg GAE/g. Sementara kandungan total fenol daun pada stasiun 1, 2, dan 3 berturut-turut 16,2, mg GAE/g, 15,4 mg GAE/g, dan 13,3 mg GAE/g dengan rata-rata sebesar 14,9 mg GAE/g.

Kandungan total fenol tertinggi terdapat pada fenol akar pada stasiun 3 sementara total fenol terendah terdapat pada organ daun pada stasiun 3 (Gambar 1). Perbedaan kandungan total fenol pada setiap stasiun ini ditentukan oleh distribusi nutrisi di Lahan Tambak. Salim dkk. (2016) menjelaskan bahwa unsur hara makro seperti N, K, bahan organik, dan C organik memiliki hubungan yang linier dengan pembentukan metabolit sekunder.

Fenol disintesis melalui jalur asam shikimat yang berlokasi di kloroplas. Daun lebih banyak mengandung kloroplas dibandingkan akar

sehingga daun dianggap lebih aktif mensintesis fenol (Sanchez *et al.*, 2019). Tingginya fenol pada daun akan didistribusikan oleh floem (Feduraev *et al.*, 2019).

Akumulasi fenol dapat terjadi di semua organ tumbuhan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa fenol pada akar *A. marina* lebih tinggi dibandingkan daun. Dengan demikian akumulasi fenol pada *A. marina* terjadi pada organ akar. Hal ini bertujuan untuk menunjang lignifikasi lebih lanjut dari struktur akar mangrove. Micco & Aronne (2010) menyatakan bahwa transportasi potensial asam fenol dapat memainkan peran penting dalam lignifikasi struktur akar, sehingga memberikan kontribusi yang signifikan terhadap status fenol di bagian bawah tanaman.



Gambar 2. Grafik perbedaan kandungan total fenol pada akar dan daun *A. marina*

Kandungan Unsur Hara, pH, dan Salinitas Sedimen Mangrove

Hasil analisis N total, P, dan C organik sedimen sebagai parameter utama serta pH dan salinitas sebagai parameter pendukung secara rinci disajikan pada Tabel 1. Hasil analisis unsur P sedimen tambak mangrove berkisar antara 97,75- 112,08 ppm. Kandungan P tertinggi berada stasiun 1 (112,08 ppm) sedangkan yang terendah di stasiun 3 (97,75 ppm). Rata-rata unsur P sedimen tambak sebesar 106,25 ppm

(Tabel 1). Nilai $P < 4,4\%$ (44.000 ppm) termasuk dalam kategori sangat rendah (Pusat Penelitian Tanah, 1983).

Berdasarkan analisis unsur C organik pada sedimen tambak mangrove berkisar antara 1,88-2,09%. Kandungan C organik tertinggi berada pada stasiun 1 (2,09%), sedangkan yang terendah di stasiun 2 (1,88%). Rata-rata unsur C organik sedimen tambak sebesar 2,03% (Tabel 1). Nilai C organik 2- 3% termasuk dalam kategori sedang (Pusat Penelitian Tanah, 1983).

Perbedaan hasil pengukuran unsur hara di setiap stasiun ini dipengaruhi oleh tekstur sedimen. Stasiun 1 memiliki kandungan unsur hara yang lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun 2 dan stasiun 3. Hal ini dikarenakan sedimen di stasiun 1 memiliki tekstur yang lebih halus. Perbedaan tekstur sedimen mempengaruhi banyak sedikitnya unsur hara yang terkandung di suatu Kawasan. Riniatsih (2009) menyatakan bahwa semakin halus tekstur sedimen maka kemampuannya dalam menjebak unsur hara juga semakin tinggi. Muendo et al. (2014) menyatakan bahwa sumber hara dalam tambak pada umumnya berasal dari aliran air yang masuk ke dalam tambak. Cottanio et al. (2008) menambahkan sumber lain diperoleh dari proses dekomposisi serasah mangrove yang menghasilkan bahan organik dan unsur hara.

Berdasarkan Tabel 1. menunjukkan bahwa hasil pengukuran pH di Lahan Tambak Mangrove memiliki nilai yang hampir seragam. Nilai pH pada stasiun 1 (7,11), stasiun 2 (7,26), dan stasiun 3 (7,25) dengan rata-rata sebesar 7,20. Astrini dkk. (2014) menyatakan bahwa pada perairan dalam kondisi basa (pH antara 7,1- 8,5) biota perairan dapat hidup dengan pertumbuhan dan perkembangbiakan yang normal.

Hasil pengukuran salinitas yang disajikan pada Tabel 1. menunjukkan bahwa salinitas di Lahan Tambak Mangrove berkisar antara 24,2-33,55 ppt. Menurut Fardiansyah (2011) nilai salinitas air untuk perairan tawar berkisar antara 0–5 ppt, perairan payau biasanya berkisar antara 6–29 ppt, dan perairan laut berkisar antara 30–40 ppt.

Tabel 1. Hasil analisis kandungan N total (%), P (ppm), C organik (%), pH dan salinitas sedimen tambak mangrove

Titik Pengambilan Sampel	Unsur Hara			Parameter Lingkungan	
	N Total (%)	P (ppm)	C Organik (%)	pH	Salinitas (ppt)
Stasiun 1	0,28	112,08	2,09	7,11	30,67
Stasiun 2	0,20	108,20	1,88	7,26	24,2
Stasiun 3	0,24	97,75	1,88	7,25	33,55
Rata-rata	0,24	106,25	2,13	7,20	29,47

Perbedaan konsentrasi salinitas di setiap stasiun penelitian ini dikarenakan perbedaan jumlah air tawar yang masuk dan diterima oleh setiap stasiun. Hal ini sesuai dengan Sumarno (2013) bahwa nilai salinitas sangat dipengaruhi oleh suplai air tawar dari aliran sungai ke suatu perairan. Romimohtarto & Juwana (2007) menjelaskan bahwa semakin banyak sungai yang bermuara ke perairan maka salinitas akan semakin rendah begitu pula sebaliknya.

Analisis unsur N dalam sedimen tambak mangrove berkisar antara 0,20- 0,28%. Kandungan N tertinggi berada pada stasiun 1 (0,28%) sedangkan yang terendah di stasiun 2 (0,20%). Rata-rata unsur N sedimen tambak sebesar 0,24% (Tabel 1). Nilai N 0,21- 0,5 termasuk dalam kategori sedang (Pusat Penelitian Tanah, 1983).

Korelasi Total Fenol Akar *A. marina* dengan N, P, dan C Organik Sedimen

Berdasarkan analisis korelasi uji Spearman antara fenol akar dengan N dan fenol akar dengan C organik sedimen diperoleh koefisien korelasi masing-masing -0,500 dengan probabilitas sebesar 0,667 ($P > 0,05$) dan 0,500 dengan probabilitas sebesar 0,667 ($P > 0,05$). Sementara hasil analisis korelasi antara fenol akar dan unsur P diperoleh koefisien korelasi -1,000 dan probabilitas sebesar 0,001 ($P < 0,05$).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tidak terdapat korelasi antara fenol akar dengan N namun terdapat korelasi yang signifikan antara fenol akar dengan P. Hal ini disebabkan ketersediaan unsur N sedimen tambak di lokasi penelitian adalah sedang sedangkan ketersediaan

P sangat rendah. Menurut Taiz & Zeiger (2007) bahwa aktivitas enzim PAL akan meningkat pada kondisi nutrisi tanah yang rendah. Junaedi *et al.* (2006) menjelaskan bahwa defisiensi makro nutrisi N dan P secara langsung berdampak pada akumulasi fenilpropanoid. Ningsih (2014) menambahkan bahwa fenilpropanoid merupakan zat antara yang dihasilkan jalur asam shikimat yang mengarah pada sebagian besar sintesis senyawa fenol.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tidak terdapat korelasi antara fenol akar dengan C organik. Atmojo (2003) menjelaskan bahwa C organik lebih berperan dalam meningkatkan kesuburan tanah dan menyediakan unsur hara lain.

Korelasi Total Fenol Daun dengan N, P, dan C Organik

Berdasarkan analisis korelasi uji Spearman antara total fenol akar dengan N dan total fenol daun dengan C organik sedimen diperoleh koefisien korelasi masing-masing 0,500 dengan probabilitas sebesar 0,667 ($P > 0,05$) dan -0,500 dengan probabilitas sebesar 0,667 ($P > 0,05$). Sementara hasil analisis korelasi antara fenol daun dan unsur P diperoleh koefisien korelasi 1,000 dan probabilitas sebesar 0,001 ($P < 0,05$).

Hasil analisis dengan korelasi menunjukkan bahwa tidak terdapat korelasi antara fenol daun dengan N dan fenol daun dengan C organik. Namun terdapat korelasi yang signifikan antara fenol daun dengan P. Unsur P diserap oleh akar untuk dimetabolisme membentuk asam amino. Marschner (2005) menyatakan bahwa asam amino akan dirangkai membentuk ikatan peptida untuk menghasilkan protein. Mastur dkk. (2015) menyatakan bahwa P diperlukan untuk biosintesis protein. Protein menjadi penyusun enzim yang terlibat dalam biosintesis senyawa fenol sehingga memberikan pengaruh secara signifikan.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah terdapat korelasi antara fenol akar dengan P dan fenol daun dengan P. Namun, tidak terdapat korelasi antara fenol akar dengan N, fenol daun

dengan N, fenol akar dengan C organik, dan fenol daun dengan C organik.

DAFTAR PUSTAKA

- Asha, K. K., S. Mathew., P.T. Laksmanan. 2011. Flavonoids and Phenolic Compounds in Two Species Mangrove and Their Antioxidant Property. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 4(3): 259-264.
- Astrini, A D R., Muh. Yusuf., Adi S. 2014. Kondisi Perairan terhadap Struktur Komunitas Makrozoobenthos di Muara Sungai Karanganyar dan Tapak, Kecamatan Tugu, Semarang. *Journal of Marine Research*, 3(1): 27-36.
- Atmojo, S. W. 2003. *Peranan Bahan Organik Terhadap Kesuburan Tanah dan Upaya Pengelolaannya*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret Press.
- Budiasih, R., Supriharyono., M. Muskananfolo. R. 2015. Analisis Kandungan Bahan Organik, Nitrat, Fosfat pada Sedimen di Kawasan Mangrove Jenis *Rhizophora* dan *Avicennia* di Desa Timbulsloko, Demak. *Journal of Maquares*, 4(3): 66 -75.
- Darmanti, S., L H. Santosa., D. Kusriani. 2018. Reactive Oxygen Species Accumulations, Phenylalanine Ammonialyase Activity and Phenolic Acid Composition of Soybean [*Glycine Max* (L.) Merr.] Cv. Grobogan That Exposed to Multiple Stress of Purple Nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) Interference and Drought. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, (1): 244-251.
- Dores, R G R., Sarah F G., Titiane V B., Maria C M F., Puliane M M., Thaiane C F. 2014. Phenolic Compounds, Flavonoids and Antioxidant Activity of Leaves, Flowers and Roots of White-Weed. *Hortic. Bras.* 3(4).
- Febriani, A. K., Ismiyanto., A. Khairul. 2020. Total Phenolic and Coumarin Content, Antioxidant Activity of Leaves, Fruits, and Stem Bark of Grey Mangrove (*Avicennia marina*). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 23 (2): 34-38.

- Fardiansyah, D. 2011. *Budidaya Udang Vannamei di Air Tawar*. Jakarta: Artikel Ilmiah Dirjen Perikanan Budidaya KKP RI Tanggal 30 November 2011.
- Feduraev, P., G. Chupakhina., P. Maslennikov., N. Tacenko., L. Skrypnik. 2019. Variation in Phenolic Compounds Content and Antioxidant Activity of Different Plant Organs from *Rumex crispus* L. and *Rumex obtusifolius* L. at Different Growth Stages. *Antioxidan*, 8: 237.
- Hanin, N. N., & Pratiwi, R. 2017. Kandungan Fenolik, Flavonoid dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Paku Laut (*Acrostichum aureum* L.) Fertil dan Steril. *J. Trop. Biodiv. Biotech*, (2): 51—56.
- Ilmiah, H. H., T. R. Nuringtyas., L. H. Nugroho. 2018. Accumulation of Potential Photo-Protective Compound Groups in Mangrove (*Sonneratia caseolaris* (L.) Engler.) Leaves. *Pharmacogn J.*, 10(3):576-580.
- Junaedi, A. M., C. Ahmad., H. K. Kwang. 2006. Current Research Status of Allelopathy. *Hayati*, 13(2) : 79-84.
- Krishnamoorthy, M., J. Sasikumar., R. Shamna., C. Pandiarajan., P Sofia., B. Nagarajan. 2011. Antioxidant Activities of Bark Extract from Mangroves *Bruguiera cylindrica* (L.) Blume and *Ceriops decandra* Perr. *Indian J Pharmacol*, 43(5): 557–562.
- Lai, Y. H., Lim, Y. Y. 2011. Evaluation of Antioxidant Activities of the Methanolic Extract of Selected Ferns in Malaysia. *IPCBEE*, 20.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. London: Academic Press Limited.
- Mastur, S., Syakir, M. 2015. Peran dan Pengelolaan Hara Nitrogen pada Tanaman Tebu untuk Peningkatan Produktivitas Tebu. *Perspektif*, 14 (2).
- Mastuti, R. 2016. *Metabolit Sekunder dan Pertahanan Tumbuhan*. Malang: FMIPA Universitas Brawijaya.
- Micco, V. D., & G. Aronne. 2010. Root Structure of *Rumex scutatus* Growing on Slopes. *IWA J*, 31: 13–28.
- Muendo, P. N., M.C.J. Verdegem., J.J. Stoorvogel., A. Milstein, E.-N. Gamal., P.M. Duc., J.A.J. Verreth. 2014. Sediment Accumulation in Fish Ponds; Its Potential for Agricultural Use. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 1(5): 228 – 241.
- Nugroho, R. A., S. Widada., R. Pribadi. 2013. Studi Kandungan Bahan Organik dan Mineral (N, P, K, Fe dan Mg) Sedimen di Kawasan Mangrove Desa Bedono, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. *Journal of Marine Research*, 2(1): 62-70.
- Olofsdotter, M. 2001. Rice-a Step toward Use Allelopathy. *Agron J*, 93 : 3-8.
- Pusat Penelitian Tanah. 1983. *Kriteria Penilaian Data Sifat Analisis Kimia Tanah*. Bogor: Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian.
- Rasyid, A. 2012. Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder serta Uji Aktivitas Antibakteri dan Antioksidan Ekstrak Metanol Tripang *Stichops hermanii*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 4 (2).
- Riniatsih, I dan E. W. Kushartanto. 2009. Substrat Dasar dan Parameter Oseanografi sebagai Substrat Dasar dan Parameter Oseanografi sebagai Penentu Keberadaan Gastropoda dan Bivalvia di Pantai Sluke Kabupaten Rembang. *Jurnal Ilmu Kelautan*.
- Romimohtarto , K., S. Juwana. 2007. *Biologi Laut : Ilmu Pengetahuan Tentang Biota Laut*. Jakarta: Djambatan.
- Salim, M., Yahya H. S., Tanwirotun N., Marini. 2016. Hubungan Kandungan Hara Tanah dengan Produksi Senyawa Metabolit Sekunder pada Tanaman Duku (*Lansium domesticum* Corr var Duku) dan Potensinya sebagai Larvasida. *Jurnal Vektor Penyakit*, 10 (1): 11-18.
- Sánchez, N. F., R. S. Coronado., B. H. Carlos & C. V. Canongo. 2019. Shikimic Acid Pathway in Biosynthesis of Phenolic

Compounds. *Plant Physiological Aspects of Phenolic Compounds.*

- Sharma, A., B. Shahzad., A. Rehman., R. Bhardwaj., M. Landi., B. Zheng. 2019. Response of Phenylpropanoid Pathway and the Role of Polyphenols in Plants under Abiotic Stress. *Molecules*, 24: 2452.
- Sumarno, D. 2013. *Kadar Salinitas di Berbagai Sungai yang Bermuara di Teluk Cempu Kabupaten Dompu Provinsi Nusa Tenggara Barat*. Jatiluhur: Balai Penelitian Pemulihan dan Konservasi Sumber Daya Ikan .
- Taiz, L., E. Zeiger. 2013. *Plant Physiology*. Sinauer Associates, Inc. Massachusetts, 545-582.
- Yuliani., F. Rachmadiarti., Dewi, S. K., & Asri, M. T. 2019. Total Phenolic And Flavonoid Contents of *Elephantopus scaber* and *Ageratum conyzoides* (Asteraceae) Leaves Extracts from Various Altitude Habitats. *Eco. Env. & Cons*, 25: S106-S11.